

# Gehalt an Inhaltsstoffen von Weizen, Roggen und Hafer bei Anbau unter konventionellen und den Bedingungen des ökologischen Landbaus

E. Strobel, P. Ahrens, G. Hartmann, H. Kluge und H. Jeroch

## Contents of substances in wheat, rye and oats at cultivation under conventional and the conditions of organic farming

### 1. Einleitung

Grundlage der Fütterung unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus sind aus dieser Wirtschaftsform stammende Futtermittel, bevorzugt aus hofeigenem Anbau. Zur Formulierung von ausgewogenen den ernährungsphysiologischen Bedarf der Tiere deckenden Rationen, ist die Kenntnis des Gehaltes dieser Futtermittel an Inhaltsstoffen notwendig. Vorliegende, zur Rationsberechnung herangezogene, Tabellenwerke basieren auf Erhebungen von Datenmaterial aus konventioneller Erzeugung. Zum Futtermittelwert von unter den Bedingungen des ökologischen

Landbaus erzeugten Körnerfrüchten liegen nur wenige Erkenntnisse vor. Zumeist wird auf einen, im Vergleich zu konventionellen Bedingungen, bedeutend geringeren Rohproteingehalt hingewiesen (HAGEL et al., 1998; HARTMANN, 1998a, b; MEIXNER, 1999). Das Angebot an Stickstoff erreicht demnach in Abhängigkeit von der Menge zur Verfügung stehenden Wirtschaftsdüngers, den Vorfrucht- bzw. Fruchtfolgebedingungen sowie dem Aussaattermin nicht die Höhe des Stickstoffangebotes bei gezielter mineralischer Düngung im konventionellen Bereich. Frühe Aussaat von Winterweizen ohne Düngung ergab in Untersuchungen von SCHMITT und DEWES (1997) einen Kornroh-

### Summary

The contents of crude nutrients, starch, sugar, cell wall substances, non-starch-polysaccharides, arabinoxylans, minerals as well as apparent metabolisable energy corrected to zero N-retention were estimated in several varieties of winter wheat, winter rye and oats grown under conventional conditions or under the conditions of organic farming. Whereas in the investigated cultivation year the content of crude protein was higher in the conventional produced winter wheat and oats than values from feedstuff tables, the content in the organic cultivated kinds of cereals were about 23 % until 38 % lower. On the other hand the content of nitrogen free extractives, crude ash, calcium and phosphorus was general higher under organic farming conditions than under conventional conditions. Non-phytate phosphorus was at conventional cultivation in winter wheat and oats lower, in rye however higher than under the conditions of organic farming. The cultivation method had hardly any influence on the calculated content of apparent metabolisable energy. A high variability occurred in oats between the varieties, so that the higher content in case of the organic cultivation method was not significant. A higher content of soluble arabinoxylans and a higher extract viscosity was determined in conventional cultivated winter wheat. A generally high extract viscosity with a considerable difference between the both cultivation methods was established in winter rye. This did not correlate with the content of arabinoxylans. This is an indication, that other fractions contribute to the gel formation. Also no correlation was observed in oats between the  $\beta$ -glucan content, which was higher under conventional conditions, and the extract viscosity. This parameter was in this kind of cereals very low.

The low content of crude protein and, consequently, the lower content of amino acids in cereals grown under organic cultivation conditions should be taken into consideration for the formulation of compound diets.

**Key words:** chemical composition, winter wheat, winter rye, oats, organic farming.

### Zusammenfassung

Die Gehalte an Rohnährstoffen, Stärke, Zucker, Zellwandsubstanzen, Nichtstärkepolysacchariden, Arabinoxylanen, Mineralstoffen sowie N-korrigierter umsetzbarer Energie wurden bei Anbau unter konventionellen und den Bedingungen des ökologischen Landbaus an verschiedenen Sorten von Winterweizen, Winterroggen und Hafer bestimmt. Während im untersuchten Anbaujahr die Rohproteingehalte bei konventionell angebautem Winterweizen und Hafer die Angaben von Futtermitteltabellen übertrafen, wurden bei ökologischem Anbau bei den untersuchten Getreidearten 23 % bis 38 % niedrigere Gehalte festgestellt. Hingegen lagen die Gehalte an N-freien Extraktstoffen, Rohasche, Calcium und Phosphor bei diesem Anbauverfahren generell höher. Der Gehalt an Nichtphytinphosphor war bei konventionellem Anbau in Winterweizen und Hafer geringer, in Roggen jedoch höher. Im Energiegehalt traten in Winterweizen und -roggen zwischen den Anbauverfahren kaum Unterschiede auf. Eine hohe Variabilität zwischen den Hafersorten ließ eine Sicherung des höheren Gehaltes an N-korrigierter umsetzbarer Energie bei ökologischem Anbau nicht zu. In Winterweizen wurde im Fall des konventionellen Anbauverfahrens ein höherer Gehalt an löslichen Arabinoxylanen und eine höhere Extraktviskosität ermittelt. Letztere wies auch in Winterroggen einen beachtlichen Unterschied auf, der jedoch nicht mit einer Differenz bei den löslichen Arabinoxylanen verbunden war. Dies ist ein Hinweis, dass noch andere Substanzen an der Gelbildung beteiligt sind. Auch bei Hafer ergab sich kein Zusammenhang zwischen dem  $\beta$ -Glucangehalt und der Extraktviskosität, welche bei dieser Getreideart insgesamt niedrig, jedoch bei konventionellem Anbau höher als unter ökologischen Bedingungen lag.

Der geringere Rohprotein- und damit Aminosäuregehalt der unter ökologischen Bedingungen angebauten Getreidearten ist bei der Rationsformulierung zu berücksichtigen.

**Schlagworte:** Chemische Zusammensetzung, Winterweizen, Winterroggen, Hafer, ökologischer Landbau.

proteingehalt von 8,6 % in der Originalsubstanz, der bei später Aussaat und Spätdüngung mit Jauche (42,3 kg N/ha) auf 12,2 % gesteigert werden konnte. HAGEL et al. (1998) untersuchten 13 biologisch-dynamisch angebaute Winterweizenvarianten (moderne Qualitätssorten, ältere Hofsorten, deren Auslesen sowie Kreuzungsprodukte) und fanden einen mittleren Rohproteingehalt von 9,3 % bei 86 % Trockenmasse. Mischfutterwerke gehen im Vergleich dazu bei Futterweizen von einem Gehalt von über 11,5 % aus (WLZ RAIFFEISEN, 1989).

Zu Auswirkungen der Anbauformen auf weitere den Futtermittelwert bestimmende Inhaltsstoffe liegen derzeit keine Untersuchungen vor. Dies betrifft auch den Gehalt an antinutritiven Substanzen.

An Hand einer Auswahl von Sorten von Winterweizen, Winterroggen und Hafer, welche im gleichen Verhältnis unter konventionellen und den Bedingungen des ökologischen Landbaus angebaut wurden, sollten daher Daten zum Gehalt an Rohnährstoffen, Stärke, Zucker, Zellwandsubstanzen, Nichtstärke-Polysacchariden und Mineralstoffen gewonnen werden. Mittels Schätzgleichungen auf der Grundlage der analysierten Rohnährstoffgehalte erfolgte die Berechnung der Gehalte an N-korrigierter umsetzbarer Energie für das Geflügel. Die Anbaubedingungen wurden an vergleichbaren Standorten realisiert.

## 2. Material und Methode

### 2.1 Untersuchte Sorten von Winterweizen, Winterroggen und Hafer

Die zur Untersuchung herangezogenen Getreideproben wurden uns freundlicherweise vom Landessortenversuchswesen Sachsen-Anhalt zur Verfügung gestellt. Alle Sorten wurden im gleichen Verhältnis sowohl unter konventionellen als auch unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus in Rahmen des Versuchsprogramms des Jahres 1997 angebaut.

Bei Winterweizen standen Proben der Sorten Alidos, Aron, Bussard, Caprimus, Pegassos, Ritmo, Tambor, Tarso und Zentos zur Verfügung. Winterroggen war mit den Sorten Amilo, Borellus, Esprit, Goliath, Hacada, Locarno und Marder vertreten, während Hafer durch die Sorten Alf, Flämingslord, Gramena, Heinrich, Jumbo, Lutz und Revisor repräsentiert wurde.

### 2.2 Standortbedingungen

Der Anbau unter konventionellen Bedingungen wurde am Standort Biendorf durchgeführt. Am Standort Bernburg

Tabelle 1: Standortbedingungen der Versuchsstationen Bernburg und Biendorf  
Table 1: Conditions of the experimental locations Bernburg and Biendorf

Merkmal	Standort Bernburg ökologischer Anbau	Standort Biendorf konventioneller Anbau
Bodenart	Löss I	Löss I
Ackerzahl	96 bis 100	92 bis 96
Jahresmitteltemperatur*	8,9 °C	8,8 °C
Jahresmittelniederschlag*	483 mm	469 mm
mittlere Temperatur 1997	8,4 °C	8,2 °C
Niederschlagssumme 1997	557 mm	433 mm

\* Erhebungen im Zeitraum 1961–1990

Tabelle 2: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen im März 1997  
Table 2: Results of soil analysis in the march 1997

Merkmal	Standort Bernburg ökologischer Anbau			Standort Biendorf konventioneller Anbau		
N-min (0–30 cm), kg/ha	20	26	20	44	48	44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/100 g	19	21	19	15	15	15
K <sub>2</sub> O, mg/100 g	17	20	17	18	18	18
Mg, mg/100 g	7	6	7	11	11	11
pH-Wert	7,2	7,3	7,2	7,1	7,1	7,1

Tabelle 3: Angewandte Analyseverfahren  
Table 3: Applied analytical methods

Inhaltsstoffgruppe bzw. Inhaltsstoffe	Methode (Verfahren)
Rohnährstoffe	VDLUFA-Methode (NAUMANN und BASSLER, 1976)
Stärke	VDLUFA-Methode (NAUMANN und BASSLER, 1976)
Zucker	VDLUFA-Methode (NAUMANN und BASSLER, 1976)
Gerüstsubstanzen	Detergenzienmethode (GOERING and VAN SOEST, 1972)
Nichtstärke-Polysaccharide (NSP, gesamt und löslich)	Modifizierte Methode nach ENGLYST and CUMMINGS (1984) sowie ENGLYST et al. (1992) (bei DUSEL et al., 1997 ausführlich beschrieben)
β-Glucane	MCCLEARY und CODD (1991)
Kalzium	VDLUFA-Methode (NAUMANN und BASSLER, 1976)
Phosphor	VDLUFA-Methode (NAUMANN und BASSLER, 1976)
Phytatphosphor	A.O.A.C.-Methode (1990)
Viskosität	DUSEL et al. (1997)

wurden die genutzten Flächen 1993 auf die ökologische Wirtschaftsweise umgestellt und 1995 voll anerkannt. Die Zertifizierung war seitdem jährlich erfolgreich. Beide Versuchsstationen liegen im Kreis Bernburg des Bundeslandes Sachsen-Anhalt. Angaben zu den Standortbedingungen können der Tabelle 1 entnommen werden.

Im Frühjahr wurde eine Bodenuntersuchung vorgenommen, deren Ergebnisse in Tabelle 2 dargestellt sind. Der konventionellen Wirtschaftsweise entsprechend, wurde in diesem Fall eine Stickstoffdüngung auch in der Vegetationsperiode durchgeführt. Angewendet wurden insgesamt 105 kg Kalkammonsalpeter je Hektar in dreimaliger Gabe im Zeitraum Mitte März bis Anfang Mai.

### 2.3 Analytische Methoden

Die angewendeten Analysemethoden sind in den in Tabelle 3 genannten Quellen beschrieben.

### 2.4 Berechnung der N-korrigierten scheinbaren umsetzbaren Energie

Die N-korrigierte scheinbare umsetzbare Energie (AME<sub>N</sub>) wurde unter Nutzung der in der: „European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs“ (WPSA, 1989) angegebenen Regressionsgleichungen berechnet:

Weizen:

$$AME_N, \text{ kJ/kg} = 14,61 * \text{Rohprotein, g/kg} + 26,40 * \text{Rohfett, g/kg} + 15,24 * \text{NfE, g/kg}$$

Roggen:

$$AME_N, \text{ kJ/kg} = 10,82 * \text{Rohprotein, g/kg} + 12,42 * \text{Rohfett, g/kg} + 12,99 * \text{NfE, g/kg}$$

Hafer:

$$AME_N, \text{ kJ/kg} = 12,98 * \text{Trockenmasse, g/kg} - 12,98 * \text{Rohasche, g/kg} + 48,82 * \text{Rohfett, g/kg} - 25,50 * \text{Rohfaser, g/kg}$$

## 2.5 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Versuchsdaten erfolgte mit dem Programmpaket Statistica for Windows™ (Version 5.0, Stat. Soft. INC. 1995). Für Mittelwertvergleiche wurde der Tukey-HSD-Test genutzt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Gehalte an Rohnährstoffen sowie Stärke und Zucker

Angaben zu den Gehalten in Winterweizen, -roggen und Hafer an Rohnährstoffen, Stärke und Zucker sind in der

Tabelle 4 zusammengefasst. Bei Anbau unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus enthielten alle Getreidearten gegenüber der konventionellen Variante beträchtlich mehr Rohasche. Der Unterschied machte im Mittel 29 % aus. In Übereinstimmung mit dem Stickstoffangebot lag der Gehalt an Rohprotein bei der ökologischen Anbauvariante in Winterweizen, Winterroggen und Hafer um 29 %, 23 % und 38 % unter dem der konventionellen Form. Damit ergaben sich insgesamt erhebliche Variationen des Rohproteingehaltes bei den Getreidearten. Bei Weizen stand dem niedrigsten Gehalt von 89 g/kg T (Sorte Ritmo) ein Maximum von 158 g/kg T (Sorten Bussard und Zentos) gegenüber. Bei Roggen wurden Werte im Bereich von 78 g/kg T (Esprit) und 117 g/kg T (Marder) sowie bei Hafer von 82 g/kg T (Revisor) und 155 g/kg T (Alf) analysiert. Gesicherte Unterschiede zwischen den Anbauverfahren wurden bei allen Getreidearten bei den N-freien Extraktstoffen festgestellt. Hier wurden für das ökologische Anbauverfahren übereinstimmend höhere Werte analysiert. Jedoch erreichten diese Differenzen mit 2 bis 5 % nicht das bei Rohasche und Rohprotein beobachtete Ausmaß. Nicht einheitlich waren die Verhältnisse bei den Rohfettgehalten. Bei Weizen war der Gehalt der ökologischen Variante um 0,7 g/kg T höher. Ebenfalls gesichert, jedoch geringfügig, waren die Unterschiede bei Roggen, jedoch hatte hier die

Tabelle 4: Gehalte an Rohnährstoffen, Stärke und Zucker in Winterweizen, Winterroggen und Hafer (g/kg Trockenmasse)

Table 4: Content of crude nutrients, starch and sugar in winter wheat, winter rye and oats (g/kg dry matter)

Getreideart	Rohasche		Rohprotein		Rohfett		Rohfaser		N-freie Extraktstoffe		Stärke		Zucker	
	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv
<b>Winterweizen, n=9</b>														
$\bar{X}$	17	11	103	146	26	19	28	28	826	796	638	595	26	22
SD	1,8	1,7	7,3	9,2	2,9	4,1	2,3	1,7	9,4	14,5	23,3	12,1	5,1	3,8
Min	14	9	89	133	21	14	23	25	815	781	617	576	21	19
Max	19	15	114	158	32	27	32	29	844	816	680	620	37	31
p-Wert	< 0,001		< 0,001		< 0,01		0,654		< 0,001		< 0,001		0,084	
<b>Winterroggen, n=7</b>														
$\bar{X}$	18	14	82	107	16	18	34	24	850	837	nicht bestimmt			
SD	1,7	1,6	3,0	5,8	1,5	1,1	7,5	1,9	7,1	6,5				
Min	15	11	78	101	15	16	26	22	841	825				
Max	20	16	87	117	18	19	45	28	861	846				
p-Wert	< 0,01		< 0,001		< 0,05		< 0,01		< 0,01					
<b>Hafer, n=7</b>														
$\bar{X}$	31	26	89	144	58	51	120	123	703	655	412	453	9	8
SD	1,7	2,0	5,1	6,7	4,8	9,3	7,4	20,9	9,0	16,7	67,4	51,7	1,4	3,3
Min	28	24	82	137	53	40	112	99	686	633	348	381	7	4
Max	32	30	98	155	66	66	133	160	712	676	543	507	11	13
p-Wert	< 0,001		< 0,001		0,139		0,678		< 0,001		0,226		0,609	

konventionelle Variante den höheren Wert. Kein Unterschied wurde in Hafer bestimmt. Eine Veränderung der Rohfasergehalte bei den unterschiedlichen Anbauverfahren ergab sich nur bei Roggen. Der für die ökologische Variante ermittelte Wert übertraf den der konventionellen um 42 %. Zu den Gehalten an Stärke und Zucker liegen nur die Daten in Weizen und Hafer vor. Ein höherer Stärkegehalt konnte im ökologisch angebauten Winterweizen statistisch gesichert werden.

### 3.2 Gehalte an Gerüstsubstanzen

Die Gehalte an den untersuchten Gerüstsubstanzen (Tabelle 5) wiesen bei allen Getreidearten für die beiden Anbauverfahren keine gravierenden Unterschiede auf. In Weizen konnte ein geringfügig geringerer Wert der säurelöslichen Faser (ADF) im Fall der ökologischen Variante mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 6 % gesichert werden. Ebenfalls gesichert war der niedrigere Gehalt an Zellulose. In Winterroggen wurden hinsichtlich der in neutraler Detergenz unlöslichen Faser (NDF) und der Fraktion der Hemizellulosen leicht geringere Gehalte beim Anbau unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus gefunden. Alle anderen Parameter wiesen keine Unterschiede auf. Hingegen lagen bei den Hafersorten die mittleren Werte aller

angegebenen Fraktionen von Zellwandbestandteilen bei konventionellen Anbaubedingungen über denen der ökologischen Variante. Auf Grund der sehr großen Schwankungsbreite der ermittelten Werte für die einzelnen Sorten, was besonders für den konventionellen Anbau auffiel, war eine statistische Sicherung nicht möglich.

### 3.3 Gehalte an Nichtstärke-Polysacchariden (NSP) sowie Angaben zur Extraktviskosität

Die Gehalte an NSP (gesamt) und der Anteil der löslichen Fraktionen dieser Substanzgruppen für Winterweizen und -roggen können der Tabelle 6 entnommen werden. Sie enthält zudem Angaben zur Viskosität eines Extraktes der Proben. Für Hafer sind diese zusammen mit dem Gehalt an  $\beta$ -Glucan in Tabelle 7 zusammengefasst.

Im Fall der Nichtstärke-Polysaccharide konnte sowohl beim Gesamtgehalt als auch in der Höhe des löslichen Anteils kein Einfluss des Anbauverfahrens festgestellt werden. Bei Weizen ergab sich der Hinweis auf einen höheren Arabinoxylangehalt und dabei besonders der löslichen Fraktion bei konventionellem Anbau, dieser war um 31 % höher als bei ökologischem Anbau entsprechend 5 g/kg T. Die Bewertung wird durch das nicht einheitliche Bild für die einzelnen Sorten erschwert. Bei der Sorte Caprimus ergaben

Tabelle 5: Gehalte an Gerüstsubstanzen in Winterweizen, Winterroggen und Hafer (g/kg Trockenmasse)  
Table 5: Content of cell wall fractions in winter wheat, winter rye and oats (g/kg dry matter)

Getreideart	NDF		ADF		Hemizellulose		ADL		Zellulose	
	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv
Winterweizen, n=9										
$\bar{X}$	111	112	43	45	68	66	11	11	32	35
SD	3,5	3,8	2,2	3,0	2,7	3,4	2,7	1,3	2,4	2,4
Min	104	105	39	41	63	61	7	9	27	31
Max	115	116	46	49	71	73	15	13	35	37
p-Wert	0,572		0,059		0,302		0,665		< 0,05	
Winterroggen, n=7										
$\bar{X}$	118	125	41	42	76	83	13	13	28	28
SD	4,9	5,5	3,8	2,6	3,2	3,9	1,0	1,7	3,8	1,3
Min	114	118	38	39	71	77	12	12	24	27
Max	128	132	48	47	80	89	15	17	35	30
p-Wert	< 0,05		0,748		< 0,01		1,000		0,713	
Hafer, n=7										
$\bar{X}$	303	328	159	172	144	157	35	38	124	134
SD	16,1	42,8	8,1	19,6	9,6	27,2	6,4	3,9	8,1	16,6
Min	289	274	151	147	135	121	29	33	111	114
Max	337	392	175	204	162	188	48	42	138	163
p-Wert	0,173		0,152		0,266		0,355		0,196	

Tabelle 6: Gehalte an Nichtstärke-Polysacchariden (NSP) und Arabinoxylanen sowie Angaben zur Extraktviskosität in Winterweizen und Winterroggen  
 Table 6: Content of non-starch-polysaccharides (NSP) and arabinoxylans as well as extract viscosity in winter wheat, winter rye and oats

Getreideart	NSP				Arabinoxylane				Extraktviskosität	
	gesamt		löslich		gesamt		löslich		mPas	
	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv
Winterweizen, n=9										
$\bar{X}$	112	116	42	46	60	63	11	16	2,50	3,57
SD	4,4	9,5	4,6	7,0	3,1	4,8	2,6	4,3	1,01	1,62
Min	107	101	33	37	55	55	6	9	1,48	1,89
Max	121	131	49	59	65	69	14	22	4,44	7,07
p-Wert	0,323		0,184		0,090		< 0,05		0,113	
Winterroggen, n=7										
$\bar{X}$	146	142	60	60	85	86	26	29	8,18	12,34
SD	7,9	5,8	5,9	7,6	5,2	4,9	4,4	4,3	1,38	3,65
Min	137	135	53	46	78	81	25	22	6,56	9,25
Max	159	149	68	69	95	96	32	35	10,88	19,90
p-Wert	0,302		0,908		0,605		0,184		< 0,05	

Tabelle 7: Gehalte an  $\beta$ -Glucan sowie Angaben zur Extraktviskosität in Hafer  
 Table 7: Content of  $\beta$ -Glucan as well as extract viscosity in oats

	$\beta$ -Glucan		Extraktviskosität	
	g/kg Trockenmasse		mPas	
	öko	konv	öko	konv
n=7				
$\bar{X}$	29	33	1,42	1,13
SD	1,5	2,3	0,17	0,02
Min	26	30	1,21	1,10
Max	30	36	1,63	1,17
p-Wert	< 0,01		< 0,001	

sich gleiche Gehalte, während bei der Sorte Ritmo die konventionell erzeugte Sorte den geringeren Gehalt löslicher Arabinoxylane aufwies. Eine hohe Variabilität des Merkmals zeigte sich bei der Sorte Alidos, bei der der niedrigste und höchste Gehalt festgestellt wurde (6 g/kg bei ökologischem und 22 g/kg bei konventionellem Anbau). Nicht in gleichem Ausmaß bestätigte sich dies bei den untersuchten Roggensorten, obwohl auch hier der Anteil löslicher Arabinoxylane bei einzelnen Sorten bei konventionellem Anbau erheblich über dem bei ökologischem lag. So ergab sich bei der Sorte Amilo eine Differenz von 12 g/kg T, bei den Sorten Borellus, Locarno und Marder lag diese im Bereich von 6–7 g/kg T. Damit sind diese Unterschiede mit den bei Weizen gefundenen vergleichbar. Der mittlere Gehalt war jedoch bei Roggen doppelt so hoch wie beim Weizen.

Der im Zusammenhang mit antinutritiven Wirkungen in Hafer ermittelte  $\beta$ -Glucangehalt ergab ebenfalls für die

konventionelle Anbauvariante höhere Werte. Dies konnte einheitlich bei allen Sorten beobachtet werden, wobei die Differenzen in einem Bereich von 1–7 g/kg T lagen.

Die Beeinflussung von Verdauungs- und Resorptionsvorgängen durch die Nichtstärke-Polysaccharide steht in Zusammenhang mit ihrer gelbildenden Wirkung. Ein Hinweis auf das Ausmaß dieser ist mit der Bestimmung der Extraktviskosität gegeben. Bei Winterweizen und -roggen ergaben sich höhere Werte für den konventionellen Anbau. Bei Hafer lagen die Verhältnisse umgekehrt.

Die Differenz von 1 mPas konnte bei Weizen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 11 % gesichert werden. Mit 8,18 bzw. 12,34 mPas wurden in den Roggensorten sehr hohe Werte und ein beachtlicher Unterschied zwischen den Anbauverfahren ermittelt. Recht niedrige Werte um 1 mPas charakterisierten die Haferproben. Hier war der ermittelte Wert für das ökologische Anbauverfahren höher.

### 3.4 Gehalte an Calcium, Gesamtphosphor und Phytinphosphor sowie Anteil des Phytinphosphor am Gesamtphosphor

Im Mittel aller untersuchten Getreidearten und -sorten lagen die ermittelten Calcium- und Gesamtphosphorwerte (Tabelle 8) bei ökologischem Anbau um 29 % bzw. 6 % höher. Ein großer Teil des in den Pflanzen enthaltenen Phosphors liegt an Phytinsäure gebunden vor. Er wird als Phytinphosphor bezeichnet und ist durch das Tier nur bedingt nutzbar. In der Tabelle 8 ist sein Gehalt und der

Tabelle 8: Gehalte an Calcium, Gesamtphosphor und Phytinphosphor sowie Anteil des Phytinphosphor am Gesamtphosphor in Winterweizen, Winterroggen und Hafer

Table 8: Content of calcium, total phosphorus and phytate-phosphorus as well as proportion of phytate-phosphorus on total phosphorus in winter wheat, winter rye and oats

Getreideart	Calcium		Gesamtphosphor		Phytinphosphor		Anteil des Phytinphosphors am Gesamtphosphor %	
	öko	konv	öko	konv	öko	konv	öko	konv
Winterweizen, n=9								
$\bar{X}$	0,8	0,6	3,7	3,2	2,5	2,2	68,8	69,1
SD	0,24	0,06	0,22	0,16	0,16	0,15	2,43	2,97
Min	0,5	0,5	3,4	3,0	2,3	2,0	65,7	64,5
Max	1,1	0,7	3,9	3,4	2,7	2,4	73,0	74,2
p-Wert	0,077		< 0,001		< 0,001		0,827	
Winterroggen, n=7								
$\bar{X}$	0,8	0,5	3,2	3,0	2,3	1,9	73,6	64,3
SD	0,05	0,05	0,09	0,08	0,25	0,14	7,73	4,56
Min	0,8	0,5	3,1	2,9	2,1	1,7	65,6	54,8
Max	0,9	0,6	3,3	3,1	2,8	2,1	87,5	67,7
p-Wert	< 0,001		< 0,01		< 0,01		< 0,05	
Hafer, n=7								
$\bar{X}$	1,3	1,1	3,4	3,3	1,9	2,1	53,9	63,3
SD	0,16	0,05	0,08	0,17	0,17	0,17	4,61	2,79
Min	1,1	1,0	3,4	3,1	1,7	1,9	48,6	59,4
Max	1,5	1,1	3,6	3,6	2,1	2,3	58,8	66,7
p-Wert	< 0,01		< 0,05		< 0,05		< 0,001	

Anteil am Gesamtphosphor ausgewiesen. Ein gleich hoher Anteil Phytinphosphor wurde in Weizen bestimmt. Beachtliche Unterschiede wurden bei Roggen und Hafer beobachtet, welche jedoch nicht gleichgerichtet waren. Bei Roggen war dieser Anteil bei Anbau unter ökologischen Bedingungen mit 73,6 % zu 64,3 % höher. In Hafer lag er für diese Anbauvariante mit 53,9 % zu 63,3 % niedriger.

### 3.5 Gehalte an N-korrigierter scheinbarer umsetzbarer Energie (AME<sub>N</sub>)

Die Gehalte an N-korrigierter umsetzbarer Energie wurden nach der für die jeweilige Getreideart von der WPSA (1989) angegebenen Formel berechnet (Tabelle 9). Die erhaltenen Werte befinden sich im Vergleich der beiden Anbauverfahren in guter Übereinstimmung. Mit 0,24 MJ/ kg T wurde der größte Unterschied bei den Hafersorten ermittelt. Auf Grund der hohen Variabilität zwischen den Sorten des kon-

Tabelle 9: Gehalte an N-korrigierter scheinbarer umsetzbarer Energie (AME<sub>N</sub>) in Winterweizen, Winterroggen und Hafer, berechnet für Geflügel (MJ/kg Trockenmasse)

Table 9: Content of apparent metabolisable energy corrected to zero N-retention AME<sub>N</sub> in winter wheat, winter rye and oats (MJ/kg dry matter)

Getreideart	Winterweizen n=9		Winterroggen n=7		Hafer n=7	
	öko	konv	öko	konv	öko	konv
$\bar{X}$	14,77	14,70	12,13	12,25	12,35	12,01
SD	0,07	0,04	0,09	0,03	0,30	0,77
Min	14,70	14,70	12,00	12,21	12,10	10,54
Max	14,91	14,85	12,25	12,29	12,80	12,87
p-Wert	0,912		< 0,010		0,300	

ventionellen Anbaus war dieser nicht zu sichern. Im Gegensatz dazu erwies sich der Unterschied von 0,12 MJ/kg T bei den Roggensorten als signifikant.

#### 4. Diskussion

In Vorbereitung der Untersuchungen musste festgestellt werden, dass entsprechendes Probenmaterial aus dem Anbau unter konventionellen und den Bedingungen des ökologischen Landbaus von ein und demselben Standort nicht zur Verfügung stand. Die dafür notwendige Etablierung beider Wirtschaftsweisen am gleichen Ort ist auch unter Versuchsbedingungen schwer erreichbar und in der Praxis nicht realisiert. Dem stehen außerdem Schwierigkeiten der Zertifizierung gegenüber. Da ein Vergleich auf dieser Basis illusorisch erschien, wurde auf zwei räumlich eng beieinander liegende Standorte gleicher Bodenart des Landessortenversuchswesens Sachsen-Anhalts zurückgegriffen, die sich beide als sehr gute Weizenstandorte darstellen und keine Benachteiligung der einen oder anderen Wirtschaftsweise erkennen ließen.

Der Rohproteingehalt der konventionell angebauten Weizen- und Hafersorten lag im untersuchten Erntejahr 1997 gegenüber den beiden Vorjahren auf einem hohen Niveau. In Übereinstimmung damit wurden die Angaben von Futtermitteltabellen (DOKUMENTATIONSSTELLE HOHENHEIM, 1999) übertroffen. Bei Winterroggen ergab sich ein geringfügig niedrigerer Wert. Bei ökologischem Anbau wurden für Winterweizen, Winterroggen und Hafer in Widerspiegelung des differierenden Stickstoffangebotes 77 %, 72 % und 71 % des Mittels dieser Angaben erreicht. Bei diesem Anbauverfahren ist infolge der unterschiedlichen Verfügbarkeit von Wirtschaftsdünger und den Fruchtfolgebedingungen mit einer höheren Variabilität des Rohproteingehaltes zu rechnen. Dies kann sich auch in der Aminosäurezusammensetzung ausdrücken, so dass weitere Untersuchungen wünschenswert sind. Dahingegen wurde übereinstimmend für alle Getreidearten ein höherer Anteil N-freier Extraktstoffe ermittelt. In Weizen ergab sich auch ein höherer Stärkeanteil. Hier scheint ein Zusammenhang mit der Ausbildung größerer Körner unter ökologischen Anbaubedingungen zu bestehen. Die Tausendkornmasse war in Weizen 16 %, in Roggen 21 % und in Hafer 14 % höher als bei konventionellen Anbaubedingungen.

Der höhere Gehalt an Rohasche der unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus angebauten Getreidearten drückte sich in einem höheren Gehalt an den Mine-

ralstoffen Calcium und Phosphor aus. Eine vor Beginn der Vegetationsperiode vorgenommene Bodenuntersuchung ergab einen höheren Gehalt an  $P_2O_5$  an diesem Standort. In diesem Fall lag Übereinstimmung mit den Angaben der DOKUMENTATIONSSTELLE HOHENHEIM (1999) zum Mineralstoffgehalt von Futtermitteln vor. Bei konventionellem Anbau wurden um bis zu 21 % niedrigere Werte analysiert. Der Calciumgehalt ist bei dieser Variante hingegen mit den Tabellenwerten vergleichbar, während er bei der ökologischen erhöht war.

Empfehlungen zur Deckung des Bedarfs beziehen sich zum Beispiel für Geflügel auf Nichtphytinphosphor (GfE, 1999), wobei der Anteil des durch die in pflanzlichen Futtermitteln enthaltene Phytase hydrolysierbaren Phytinphosphors unberücksichtigt bleibt. Eine übliche Schätzung des Nichtphytinphosphors in Futtermischungen geht von 30 % des aus pflanzlichen Quellen stammenden P und 100 % des aus tierischen und anorganischen Quellen zur Verfügung stehenden P aus. Da der Anteil des Phytinphosphors in den vorliegenden Weizenproben beider Anbauverfahren im Mittel 69 % betrug, scheint diese Vorgehensweise in diesem Fall gerechtfertigt. Übereinstimmend fanden JEROCH et al. (1999) in 68 Weizenproben der Erntejahre 1995 und 1996 aus dem Bundesland Sachsen-Anhalt einen Phytinphosphoranteil von 71 %. In 68 Proben der gleichen Jahre aus dem Freistaat Sachsen ergab sich jedoch mit 77 % ein höherer Wert. Während bei Weizen somit ein höherer Gehalt an nicht phytingebundenem Phosphor bei ökologischem Anbau zur Verfügung stand, waren die Verhältnisse bei den Roggensorten umgekehrt. Hinzu kam eine hohe Variation bei den Sorten. Den geringsten Phytinphosphoranteil wies die Sorte Esprit mit 65,6 % bei der ökologischen und 54,8 % bei der konventionellen Variante auf. Bei der Sorte Amilo hingegen wurde bei ökologischem Anbau der höchste Anteil (87,5 %) festgestellt. Mit einer Spannweite von 0,4 g/kg T bis 1,4 g/kg T ergab sich eine beachtliche Variation des nicht gebundenen Anteils. Bei den Hafersorten bestätigte sich die Annahme, dass 70 % des Phosphors in Phytinsäure gebunden vorliegen, nicht (53,9 % für die ökologische und 63,3 % für die konventionelle Variante). Die aufgezeigte Variation zwischen den Getreidearten und -sorten zeigt in Verbindung mit der Tatsache, dass das Ausmaß des durch die korneigene Phytase möglichen Abbaus von Phytinphosphor kaum abschätzbar ist, die Schwierigkeit, die Lieferung des durch das Tier nutzbaren Phosphors in die Rationskalkulation einzubeziehen. Damit ist die Minimierung der Phosphorausscheidungen durch eine Fütterung „nahe am Bedarf“ erschwert.

Die These, dass die schon erwähnte Ausbildung größerer Körner unter den ökologischen Anbaubedingungen infolge einer Verschiebung der Anteile der von Mehlkörper, Schale und Keimling auch zu einer Veränderung der Zusammensetzung der Zellwandbestandteile führt, konnte nicht untermauert werden. Auftretende Unterschiede waren geringfügig und nicht gleichgerichtet. Die Analyse der Zellwandbestandteile ergab keinen Hinweis auf mögliche Ursachen der in Roggen gefundenen unterschiedlichen Rohfasergehalte bei den beiden Anbauverfahren.

Angaben zur Veränderung der Gehalte an Gesamt- und löslichen Nichtstärkepolysacchariden und den Arabinoxylanen bei unterschiedlichen Anbauformen und Düngungsarten liegen nicht vor. Eine Abhängigkeit vom Erntejahr konnte DUSEL (1998) beobachten. Darüber hinaus stellte dieser Autor auch einen Einfluss des Standortes fest. Die Proben von einem sehr guten und einem im Grenzbereich befindlichen Weizenstandort wiesen signifikante Unterschiede besonders bei den löslichen Fraktionen auf. Auch in den vorliegenden Untersuchungen wurde ein Einfluss hauptsächlich bei diesen Anteilen ermittelt.

Im Fall der konventionell angebauten Weizensorten bestätigte sich der Ansatz, dass die Extraktviskosität einen Hinweis auf den Gehalt an löslichen Arabinoxylanen darstellt. An die Daten konnte eine lineare Funktion mit einem recht hohen Bestimmtheitsmaß ( $B = 0,788$ ) angepasst werden. Dieser Befund befindet sich in Übereinstimmung mit IZYDORCZYK et al. (1991), welche einen Korrelationskoeffizienten von 0,85 angeben. Dahingegen konnte DUSEL (1998) anhand von 60 Weizenchargen nur einen Korrelationskoeffizienten von 0,47 errechnen, wobei die Erhöhung der Extraktviskosität um 1 mPas mit einer Erhöhung des Gehaltes an löslichen Arabinoxylanen von 2,4 g/kg

Trockenmasse verbunden war. Dieser Wert stimmt mit dem für das vorliegende Datenmaterial bei konventionellem Anbau zu erhaltenden überein. Im Gegensatz dazu wurde für die Winterweizensorten bei ökologischem Anbau eine signifikant negative Korrelation (Tabelle 10) ermittelt. Nicht signifikant, jedoch bei beiden Anbauverfahren ebenfalls negativ, war diese Beziehung bei den Roggensorten. Im ersteren Fall wird diese wesentlich durch die Werte für die Extraktviskosität bei einem Gehalt an löslichen Arabinoxylanen von unter 9 g/kg Trockenmasse bestimmt. Die betroffenen Weizensorten Alidos und Tarso zeigten bei ökologischen Anbaubedingungen im Gegensatz zur konventionellen Variante einen wesentlich geringeren Anteil der löslichen Arabinoxylanfraktion am gesamt festgestellten Gehalt (9,8 % und 33,8 % bzw. 13,8 % und 23,2 %).

Diese Verschiebung in der Zusammensetzung der Arabinoxylanfraktion kann in Zusammenhang mit den Befunden von BEDFORD and CLASSEN (1992) sowie IZYDORCZYK and BILLIADERIS (1992a und b) gesehen werden. Diese Autoren stellten fest, dass die Fraktionen der löslichen Arabinoxylane entsprechend ihres Molekulargewichtes unterschiedlich die Extraktviskosität beeinflussen. Zudem besteht die Möglichkeit, dass auch andere Inhaltsstoffe in nicht unerheblichem Maß die Extraktviskosität beeinflussen. So ergaben sich positive Korrelationen (Tabelle 10) zum Gehalt an Rohprotein im Fall der Weizensorten bei ökologischem Anbau und bei den Roggensorten beider Anbauverfahren. Bei PETERSON et al. (1991) wird zum Beispiel auf die viskositätssteigernde Wirkung von löslicher Stärke und Proteinen verwiesen. SCHEELE et al. (1995) führen Endospermproteine an. DUSEL (1998) belegt, dass die Albuminfraktion des Weizenproteins in einer wässrigen Lösung in steigender Konzentration einen logarithmischen

Tabelle 10: Korrelation zwischen der Extraktviskosität und dem Gehalt an einigen Inhaltsstoffen in Winterweizen und Winterroggen  
Table 10: Correlation between the extract viscosity and the content of some fractions in winter wheat, winter rye and oats

Variante	Rohprotein	Rohfett	N-freie Extraktstoffe	NSP		Arabinoxylane	
				gesamt	löslich	gesamt	löslich
Winterweizen							
öko	<b>0,68</b>	0,36	-0,60	0,19	0,24	-0,41	-0,72
konv.	0,24	0,05	-0,28	0,30	<b>0,72</b>	0,45	<b>0,89</b>
gesamt	<b>0,49</b>	-0,18	-0,52	0,34	<b>0,63</b>	0,33	<b>0,55</b>
Winterroggen							
öko	0,15	-0,40	0,35	-0,03	-0,52	-0,48	-0,67
konv.	-0,16	0,09	0,03	-0,01	0,03	-0,10	-0,44
gesamt	<b>0,57</b>	0,30	-0,40	-0,20	-0,05	0,02	-0,09

fett gedruckte Werte signifikant mit  $p < 0,05$

Anstieg der Extraktviskosität bewirkt. Dies befindet sich in Übereinstimmung mit der Tatsache, dass sich bei den beiden Anbauverfahren im Fall der Winterroggensorten recht einheitliche Gehalte an löslichen und nichtlöslichen Nichtstärkepolysacchariden eingeschlossen der Arabinoxylane ergaben, obwohl die Extraktviskosität sich im Mittel um über 4 mPas signifikant unterschied. Nicht im Widerspruch damit befand sich die Situation bei den Hafersorten. Die insgesamt geringe Extraktviskosität bei beiden Anbauverfahren war vom  $\beta$ -Glucan Gehalt nicht beeinflusst. Bei Nutzung des gesamten Datenmaterials (Tabelle 11) ergab sich eine negative Korrelation in Beziehung zum Rohproteingehalt, jedoch eine positive zum Gehalt an N-freien Extraktstoffen hauptsächlich bei konventionellem Anbau.

Tabelle 11: Korrelation zwischen der Extraktviskosität und dem Gehalt an einigen Inhaltsstoffen in Hafer

Table 11: Correlation between the extract viscosity and the content of some fractions in oats

Variante	Rohprotein	Rohfett	N-freie Extraktstoffe	$\beta$ -Glucane
ökologisch	0,09	-0,06	0,05	0,59
konventionell	0,29	-0,65	0,79	-0,16
gesamt	-0,76	0,27	0,73	-0,43

fett gedruckte Werte signifikant mit  $p < 0,05$

Die zur Berechnung der Gehalte der Getreidearten an umsetzbarer Energie benutzten Schätzformeln für das Geflügel gehen bei Winterweizen und -roggen von den Gehalten an Rohprotein und -fett sowie der NfE aus. Im Fall des Hafers gehen Trockenmasse, Rohasche, -fett und -faser ein. Da in Winterweizen und -roggen für beide Anbauverfahren recht übereinstimmende Werte gefunden wurden (der signifikante Unterschied in Roggen betrug nur 0,1 MJ/kg) kann davon ausgegangen werden, dass der durch den geringeren Rohproteingehalt der ökologischen Variante fehlende Energiebetrag durch die höheren Gehalte an Rohfett und N-freien Extraktstoffen ausgeglichen wurde. Die mittleren Werte stimmten gut mit den Angaben der WPSA (1989) überein. Für die Winterweizensorten trifft dies auch für die Daten der DOKUMENTATIONSSTELLE HOHENHEIM (1999) zu. Diese geben jedoch für Winterroggen mit 13,91 MJ/kg einen wesentlich höheren Wert an. Eine mögliche Beeinflussung des  $AME_N$ -Gehaltes durch veränderte Gehalte an löslichen Nichtstärkepolysacchariden bzw. durch eine unterschiedliche Fähigkeit zur Gelbildung, sich in der Extraktviskosität ausdrückend, kann nicht ausgeschlossen werden. Hierzu ist die Durchführung von Verdauungsversuchen notwendig.

## Literatur

- A.O.A.C. (Association of Analytical Chemists) (1990): Meth. of AOAC. Anal. In: Herlich, K. (Ed.), 15<sup>th</sup> Ed., Arlington, Vol. II, 800.
- BEDFORD, M. R. and H. L. CLASSEN (1992): Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency in broiler chicks. *Journal of Nutrition* 122, 560–569.
- BOROS, D., R. R. MARQUARDT, B. A. SLOMINSKI and W. GUENTER (1993): Extract viscosity as an indirect assay for water-soluble pentosan content in rye. *Cereal Chem.*, 70, 575–580.
- DOKUMENTATIONSSTELLE HOHENHEIM (1999): Nährstoff-, Mineralstoff- und Aminosäurentabelle zur Geflügelfütterung. In: J. PETERSEN (Hrsg.): Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2000. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1999, 81–86.
- DUSEL, G. (1998): Untersuchungen zur Variabilität des Futterwertes von Weizen unter besonderer Berücksichtigung der Arabinoxylane sowie zur Wirksamkeit von Nichtstärke-Polysaccharid(NSP)-hydrolysierenden Enzymen in weizenbetonten Rationen beim Broiler und Ferkel. Dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, ISBN 3-8265-4030-1.
- DUSEL, G., H. KLUGE, K. GLÄSER, O. SIMON, G. HARTMANN, J. V. LENGERKEN and H. JEROCH (1997): An investigation into variability of extract viscosity of wheat-relationship with the content of non-starch-polysaccharide fractions and metabolisable energy for broiler chickens. *Arch. Anim. Nutr.* 50, 121–135.
- ENGLYST, H. N. and J. H. CUMMINGS (1984): Simplified method for the measurement of total nonstarch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst*, 109, 937–942.
- ENGLYST, H. N., M. E. QUIGLEY, G. J. HUDSON and J. H. CUMMINGS (1992): Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography. *Analyst*, 117, 1707–1713.
- GE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 13–111.
- GOERING, H. K. and P. J. VAN SOEST (1972): Forage fiber

- analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agriculture Handbook 379, U.S. Department of Agriculture, U.S. Government Printing Office, 0-489-663, Washington.
- HAGEL, I., H. SPIEß und E. SCHNUG (1998): Steigerung des ernährungsphysiologischen Wertes von Weizen aus ökologischem Anbau. Kongreßband zum 110. VDLUFA-Kongress Gießen, 14.–18. September 1998, VDLUFA-Schriftenreihe 49/1998, 235–238.
- HARTMANN, G. (1998a): Landessortenversuchswesen Sachsen-Anhalt: Versuchsbericht Winterweizen 1997. Hrsg. Regierungspräsidium Halle, Abteilung 4, Dezernat 41 Landessortenversuchswesen.
- HARTMANN, G. (1998b): Landessortenversuchswesen Sachsen-Anhalt: Versuchsbericht Ökoversuche Sommergerste, Hafer, Winterroggen, Winterweizen, Dinkel und Buchweizen 1997. Hrsg. Regierungspräsidium Halle, Abteilung 4, Dezernat 41 Landessortenversuchswesen.
- IZYDORCZYK, M., C. G. BILIADERIS and W. BUSHUK (1991): Physical properties of water-soluble pentosans from different wheat varieties. *Cereal Chem.* 68 (2), 145–150.
- IZYDORCZYK, M. and C. G. BILIADERIS (1992a): Effect of molecular size on physical properties of wheat arabinoxylan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40, 561–568.
- IZYDORCZYK, M. and C. G. BILIADERIS (1992b): Influence of structure on the physicochemical properties of wheat arabinoxylan. *Carbohydrat Polymers* 17, 237–247.
- JEROCH, H., H. KLUGE, O. SIMON und J. V. LENGERKEN (1999): Inhaltsstoffe und Futterwertdaten von Getreide und Körnererbsen. Hrsg. Institut für Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. ISBN 3-86010-543-4.
- MCCLEARY, B. V. and R. CODD (1991): Measurement of (1 $\alpha$ 3),(1 $\alpha$ 4)- $\beta$ -D-glucan in barley and oats: A streamlined enzymic procedure. *J. Sci. Food Agric.* 55, 303–312.
- MEIXNER, B. (1999): Vergleichende Erhebungen zu Qualitätsparametern von ökologisch und konventionell produziertem Getreide in Thüringen. Tagungsband Ökologische Erzeugung von Geflügelfleisch und Eiern, Halle (Saale), 13. und 14. April 1999, 68–73.
- NAUMANN, C. and R. BASSLER (1976): Methodenbuch. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Ergänzungslieferung 1993, VDLUFA-Verlag Darmstadt.
- PETTERSON, D., H. GRAHAM and P. ÅMAN (1991): The nutritive value for broiler chickens of pelleting and enzyme supplementation of a diet containing barley, wheat and rye. *Animal Feed Science and Technology*, 33, 1–14.
- SCHEELE, C. W., J. D. VAN DER KLIS, C. KWAAKERNAAK and R. ORSEL (1995): Enzymes affecting the feeding value of wheat containing poultry diets. Proc. 2<sup>nd</sup> European Symposium on Feed Enzymes, Nordwijkerhout, Netherlands, 117–123.
- SCHMITT, L. und T. DEWES (1997): N-Effizienz verschiedener, unterschiedlich terminierter Wirtschaftsdüngung im Backweizenanbau. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 3.–4. März 1997. In: U. KÖPKE und J.-A. EISELE (Hrsg.), Schriftenreihe für ökologischen Landbau. Verlag Dr. Köster Berlin, 295–301.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) (1993): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln (Band III). VDLUFA-Verlag Darmstadt.
- WLZ-RAIFFEISEN (1989): Preise, Zu- und Abschlagstabellen 1989/90.
- WPSA (World's Poultry Science Association) (1989): European table of energy values for poultry feedstuffs. Subcommittee of the Working group No. 2 (nutrition) of the European Branches of the WPSA.

### Anschriften der Verfasser

- Dr. Egbert Strobel und Peggy Ahrens**, Agrarökologisches Institut e.V. an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, c/o Nutztierwissenschaftliches Zentrum Merbitz, Im Institut, D-06193 Nauendorf  
e-mail: Strobel@landw.uni-halle.de
- Dr. Gerhard Hartmann**, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Sachsen-Anhalt, Landessortenversuchswesen, Schiepziger Str. 29, D-06120 Halle (Saale).
- Dr. Holger Kluge und Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Heinz Jeroch**, Institut für Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Emil-Abderhalden-Str. 26, D-06108 Halle (Saale); Kluge@landw.uni-halle.de und Jeroch@landw.uni-halle.de

Eingelangt am 6. Juli 2001  
Angenommen am 12. September 2001